

**Д. І. Угрин, О. В. Галочкін, О. М. Яцько**

# **СТРУКТУРИ ДАНИХ ТА АЛГОРИТМИ**

*Навчальний посібник*

*(Видання електронне)*

**ЧЕРНІВЦІ  
2022**

УДК 336:004(075.8)  
ББК 32.973  
У 72

Друкується за ухвалою  
Вченої ради навчально-наукового інституту  
фізико-технічних та комп'ютерних наук  
Чернівецького національного університету  
імені Юрія Федьковича  
Протокол № 7 від 29.08.2022 р.

**Рецензент:**

**Федів В.І.** – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету

**Д. І. Угрин, О. В. Галочкін, О. М. Яцько**

Структури даних та алгоритми. Навчальний посібник. – Чернівці, : Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, 2022. – 324 с.

Пропонований посібник присвячено теоретичним та практичним аспектам структур даних та алгоритмів, наведено типові приклади структур даних та алгоритмів. Розглянуто як теоретичні так практичні питання застосування операцій і методів сортування та пошуку даних у різновидах множинних і графічних структурах даних. Наведені методи оцінки складності алгоритмів конструювання та обробки даних при різних прийомах обробки структур даних.

Посібник адресовано студентам вищих навчальних закладів спеціальності „Комп'ютерні науки” та викладачам.

УДК 336:004(075.8)  
ББК 32.973

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	7
<b>РОЗДІЛ 1</b> .....	8
<b>ТЕМА 1. БАЗОВІ ПОНЯТТЯ ТЕОРІЇ АЛГОРИТМІВ</b> .....	8
1.1. Визначення інформації та даних.....	8
1.2. Визначення алгоритму.....	10
1.3. Виконавці алгоритмів.....	12
1.4. Способи описання алгоритмів.....	14
1.5. Властивості алгоритмів.....	16
1.6. Поняття обчислювальної складності.....	17
1.7. Класи алгоритмів.....	18
1.7.1. Експоненційні алгоритми та перебір.....	21
1.7.2. Алгоритм із поверненнями назад.....	22
1.8. Машини Тьюринга.....	22
1.9. Рекурсія та її використання.....	25
1.10. Теза Чорча. Алгоритмічно нерозв’язні проблеми.....	32
Резюме.....	33
Контрольні запитання.....	34
Тести для закріплення матеріалу.....	34
<b>ТЕМА 2. СТРУКТУРИ ДАНИХ ТА РІВНІ ЇХ ПОДАННЯ. СТРУКТУРНІ ТА ЛІНІЙНІ ТИПИ ДАНИХ</b> .....	37
2.1. Поняття структури даних.....	37
2.2. Рівні описування даних.....	38
2.3. Класифікація структур даних у програмах користувача й у пам’яті комп’ютера.....	39
2.3.1. Арифметичні типи.....	39
2.3.2. Перерахований тип.....	40
2.4. Основні види складених типів даних.....	43
2.5. Структури даних у пам’яті комп’ютера.....	43
2.5.1. Структури даних в оперативній пам’яті.....	43
2.5.2. СД у зовнішній пам’яті.....	44
2.5.3. Вектор.....	44
2.6. Поняття структури даних типу «масив». Набір допустимих операцій для СД типу «масив».....	55
2.7. Набір допустимих операцій для СД типу «масив».....	56
2.7.1. Розріджені масиви.....	65
2.8. Дескриптор СД типу «масив».....	72
2.9. Ефективність масивів.....	72
2.10. Зберігання багатовимірних масивів.....	73
2.11. СД типу «множина».....	75
2.12. СД типу «запис (прямий декартовий добуток)».....	87
2.13. СД типу «таблиця».....	88
2.14. СД типу «стек».....	89
2.14.1. Дескриптор СД типу «стек».....	91

2.14.2. Области застосування СД типу «стек»...	92
2.15. СД типу «черга».....	92
2.16. СД типу «дек».....	95
Резюме.....	99
Контрольні запитання.....	99
Тести для закріплення матеріалу.....	102
<b>ТЕМА 3. ЗВ'ЯЗНИЙ РОЗПОДІЛ ПАМ'ЯТІ. ХЕШУВАННЯ ДАНИХ.....</b>	<b>106</b>
3.1. СД типу вказівник.....	106
3.2. Статичні й динамічні змінні.....	110
3.2.1. Відмінності між статичними та динамічними змінними.....	110
3.2.2. Стандартна бібліотека шаблонів (STL).....	111
3.2.3. Створення та знищення динамічних змінних.....	116
3.3. Класифікація СД типу «зв'язний список».....	117
3.4. СД типу «лінійний однозв'язний список».....	118
3.5. СД типу «циклічний лінійний список».....	119
3.6. СД типу «двозв'язний лінійний список».....	120
3.7. Багатозв'язний список. Приклади.....	121
3.7.1 Контейнер list.....	130
3.8. Поняття хеш-функції.....	136
3.9. Алгоритми хешування.....	136
3.10. Динамічне хешування.....	138
3.10.1. Означення динамічного хешування.....	138
3.10.2. Розширюване хешування.....	139
3.10.3. Функції, що зберігають порядок ключі.....	139
3.11. Методи розв'язування колізій.....	140
3.12. Переповнення таблиці і рехешування.....	143
3.13. Оцінювання якості хеш-функції.....	144
Резюме.....	146
Контрольні запитання.....	147
Тести для закріплення матеріалу.....	147
<b>РОЗДІЛ 2.....</b>	<b>153</b>
<b>ТЕМА 4. НЕЛІНІЙНІ СТРУКТУРИ ДАНИХ: ДЕРЕВА.....</b>	<b>153</b>
4.1. Дерево.....	153
4.1.1. Визначення дерева.....	153
4.1.2. Бінарне дерево.....	154
4.1.3. Подання дерев у зв'язній пам'яті комп'ютера.....	155
4.1.4. Алгоритми проходження дерев углиб і вшир.....	158
4.1.5. Подання дерев у вигляді бінарних.....	159
4.1.6. Застосування бінарних дерев в алгоритмах пошуку.....	161
4.1.7. Операція включення в СД типу «бінарне дерево».....	169
4.1.8. Операція виключення з бінарного дерева.....	169
4.1.9. Застосування бінарних дерев.....	170
4.2. Види бінарних дерев.....	173
4.2.1. Збалансоване дерево.....	173
4.2.2. Червоно-чорне дерево.....	175

Резюме...	178
Контрольні запитання...	179
Тести для закріплення матеріалу...	179
<b>ТЕМА 5. НЕЛІНІЙНІ СТРУКТУРИ ДАНИХ: ГРАФ</b> .....	181
5.1. Поняття графу...	181
5.2. Подання графу в пам'яті комп'ютера...	183
5.2.1 Мінімальне покриваюче (каркасне) дерево...	187
5.3. Алгоритми проходження графу...	188
5.3.1. Алгоритм проходження графу вглиб...	188
5.3.2. Алгоритм проходження графу вшир...	193
5.4. Приклади задач на графах...	196
5.4.1. Ейлерів цикл...	196
5.4.2. Гамільтонів цикл...	202
5.4.3. Задача про максимальний потік...	203
5.4.4. Найкоротша відстань між вершинами	205
Резюме .....	212
Контрольні запитання...	212
Тести для закріплення матеріалу...	213
<b>ТЕМА 6. АЛГОРИТМИ ПОШУКУ</b> .....	216
6.1. Загальна класифікація алгоритмів пошуку...	216
6.2. Лінійний пошук.....	217
6.3. Двійковий (бінарний) пошук елемента в масиві...	217
6.4. Пошук методом Фібоначчі.....	219
6.5. М-блоковий пошук.....	221
6.6. Методи обчислення адреси...	221
6.7. Інтерполяційний пошук елемента в масиві...	223
6.8. Бінарний пошук із визначенням найближчих вузлів...	224
6.9. Пошук у таблиці.....	226
6.10. Прямий пошук рядка.....	226
6.11. Алгоритм Ахо-Корасик...	227
6.12. Алгоритм Моріса-Прата...	228
6.13. Алгоритм Кнута, Моріса і Пратта...	229
6.14. Алгоритм Рабіна-Карпа...	230
6.15. Алгоритм Боуера і Мура...	230
6.16. Алгоритм Хорспула...	232
6.17. Порівняння методів пошуку.....	232
Резюме.....	233
Контрольні запитання...	233
Тести для закріплення матеріалу.....	233
<b>ТЕМА 7. АЛГОРИТМИ СОРТУВАННЯ</b> .....	236
7.1. Методи внутрішнього сортування...	237
7.1.1. Метод простого включення...	237
7.1.2. Метод Шелла.....	242
7.1.3. Сортування шляхом підрахунку.....	246
7.1.4. Обмінне сортування.....	247

7.1.5. Сортування вибором...	253
7.1.6. Сортування поділом (Хоара)...	255
7.1.7. Сортування за допомогою дерева...	262
7.1.8. Пірамідальне сортування...	268
7.1.9. Побудова піраміди методом Флойда...	271
7.1.10. Сортування злиттям...	272
7.1.11. Методи порозрядного сортування...	274
7.2. Методи зовнішнього сортування...	280
7.2.1. Пряме злиття...	280
7.2.2. Природне злиття...	281
7.2.3. Збалансоване багатопляхове злиття...	282
7.2.4. Багатофазне сортування...	284
Резюме...	285
Контрольні запитання...	285
Тести для закріплення матеріалу...	285
<b>ТЕМА 8. ЖАДІБНІ АЛГОРИТМИ</b> ...	288
8.1. Поняття жадібного алгоритму...	288
8.1.1. Евристичні алгоритми...	288
8.1.2. Імовірнісні алгоритми...	290
8.1.3 Жадібні алгоритми...	290
8.2. Відмінність між динамічним програмуванням і жадібним алгоритмом...	294
8.3. Приклади жадібних алгоритмів...	294
8.3.1. Алгоритм Краскала...	294
8.3.2. Алгоритм Шеннона-Фано...	294
8.3.3. Алгоритм Хафмана...	295
8.3.4. Алгоритм Пріма...	299
Резюме...	300
Контрольні запитання і завдання...	300
Тести для закріплення матеріалу...	300
<b>СПИСОК ТЕРМІНІВ</b> ...	302
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> ...	306
<b>ДОДАТКИ</b> ...	308
<b>ЗАВДАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ</b> ...	308